03｜缩放算法：如何高质量地缩放图像？

2021-11-26 李江

《攻克视频技术》 课程介绍 >

讲述：李江
时长 20:02 大小 18.36M

你好，我是李江。

今天，我们一起来聊聊图像的缩放算法。图像的缩放算法在我们的日常生活中使用非常频繁，只是可能你没有留意到。举个例子，你使用网页或者播放器看电影的时候，经常会开启全屏或者退出全屏，电影的播放画面就会变大，或者变小。这个过程里面就会用到图像的缩放算法。

事实上，只要视频的原始分辨率和播放窗口的大小不一致，就需要通过缩放处理来使得视频画面适应窗口的大小。比如说，电影分辨率是 1080P，播放器的窗口大小是 720P，需要将电影画面从 1080P 缩小到 720P 再播放。如果你点击全屏播放，播放窗口变成了 4K，则需要将电影画面做放大处理，即放大到 4K 之后再播放。这就是一个非常典型的图像缩放的例子。

在视频开发的过程中，图像的缩放就更多了。下面我列举 3 种用到图像缩放的情形：

情形 1：播放窗口与原始图像分辨率不匹配的时候需要缩放。这和我刚才举的例子是一样的情况。

情形 2：我们在线观看视频时会有多种分辨率可以选择，即需要在一个图像分辨率的基础上缩放出多种不同尺寸的图像出来做编码，并保存多个不同分辨率的视频文件。

情形 3：RTC 场景，有的时候我们需要根据网络状况实时调节视频通话的分辨率。这个也是需要缩放算法来完成的。

所以，我们可以看到图像的缩放算法是一个很常用的技术，且它是非常重要的。并且，由于图像的缩放会严重影响我们视觉的主观感受，所以图像缩放算法的选择也是非常重要的。目前图像的缩放算法非常多，其中主要包括最常用的插值算法和目前比较火的 AI 超分算法。

由于目前绝大多数图像的缩放还是通过插值算法来实现的，所以我们今天主要来聊聊插值算法。插值算法有很多种，但是其基本原理都是差不多的。**它们都是使用周围已有的像素值通过一定的加权运算得到“插值像素值”**。插值算法主要包括：最近邻插值算法（Nearest）、双线性插值算法（Bilinear）、双三次插值算法（BiCubic）等。那么在一一讲解这些插值算法之前，我们不妨先来聊聊缩放算法的基本原理。

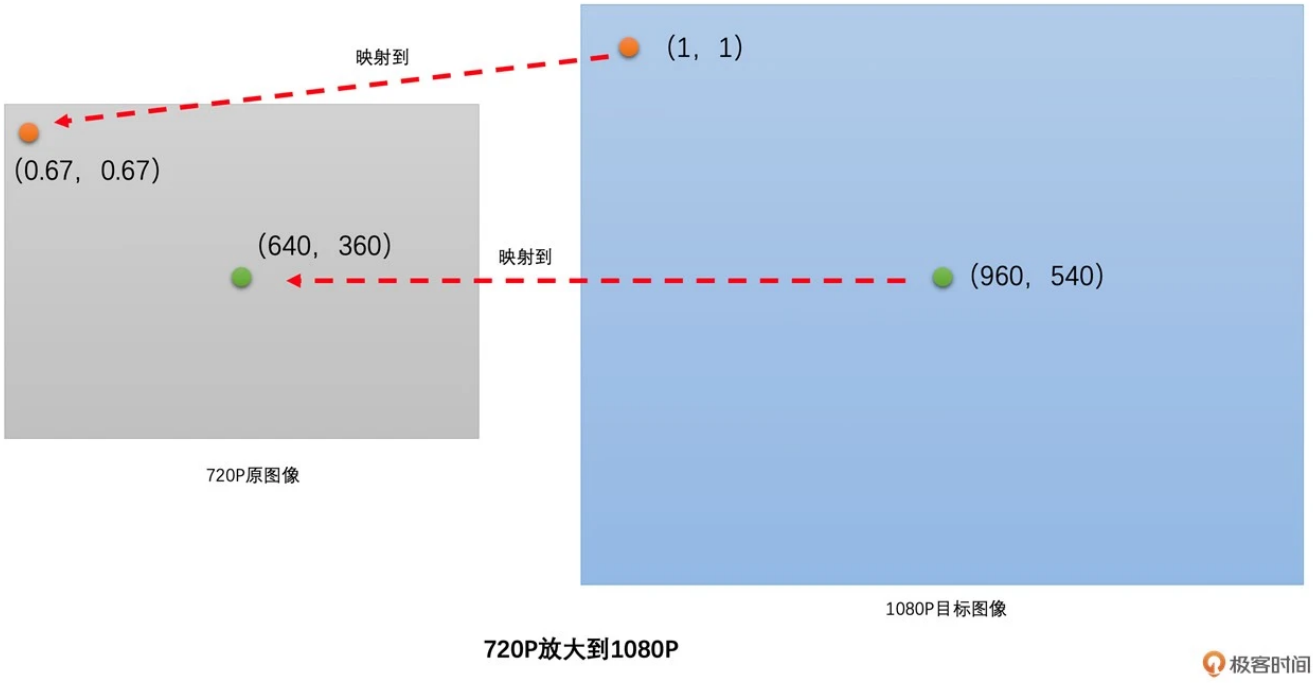
缩放的基本原理

前面我们讲过，**图像的缩放就是将原图像的已有像素经过加权运算得到目标图像的目标像素**。

什么意思呢？比如说，我们已有图像是 720P 的分辨率，称之为原图像，我们需要放大到 1080P，我们称这个 1080P 图像是目标图像。目标图像在宽度方向上放大了 1920 / 1280 = 1.5 倍，高度方向上也放大了 1080 / 720 = 1.5 倍。

那怎么通过 720P 的原图像生成 1080P 的目标图像呢？我们先将目标图像的像素位置映射到原图像的对应位置上，然后把通过插值计算得到的原图像对应位置的像素值作为目标图像相应位置的像素值。是不是有点绕？别急，下面我给你举个例子，通过它你就可以更直观地理解这句话的意思了。

比如说，1080P 目标图像中的（0，0）位置就映射到 720P 原图像的（0，0）位置，取原图像（0，0）位置的像素值作为目标图像（0，0）位置的像素值。目标图像的（1，1）位置就映射到原图像中的（0.67， 0.67）位置。最后，通过原图像已有像素插值得到（0.67，0.67）位置的像素值，并将该像素值作为目标图像（1，1）位置的像素值。

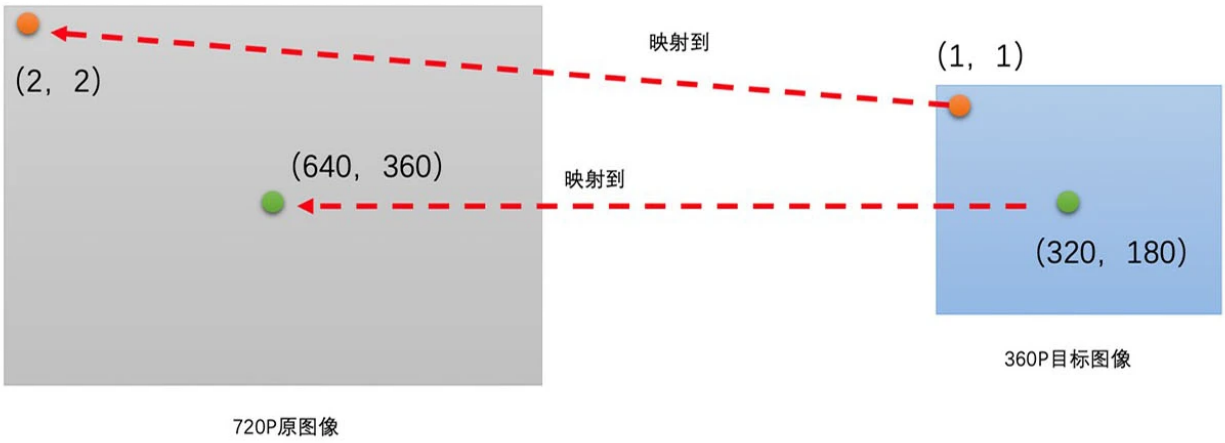


720P放大到1080P

极客时间

现在你知道了图像放大的大体过程，那图像缩小的过程是怎样的呢？

同样的我们以 720P 作为原图像，那么 720P 缩小到目标图像 360P 的过程也是类似于图像放大的过程的，这里通过下图描述一下映射的过程，具体就不重复了。



720P缩小到360P

极客时间

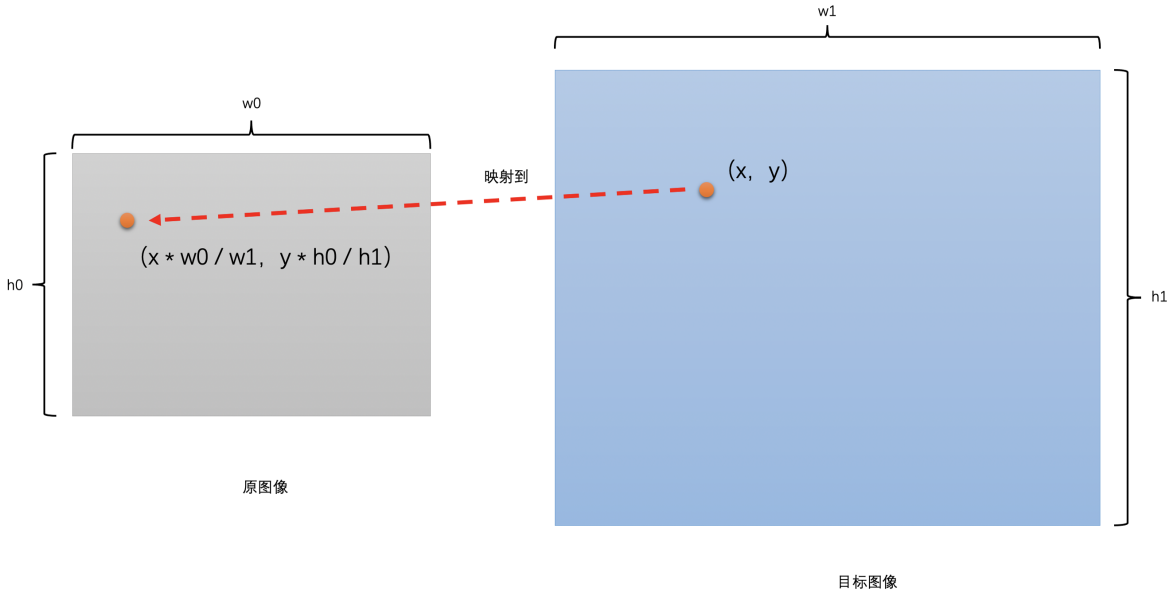
好了，现在我们再回顾一下图像缩放的过程。

首先是图像放大的过程，对于 1080P 目标图像中的每一个像素点（x，y），我们只需要将它映射到 720P 原图像的（x / 1.5，y / 1.5）位置，通过原图像已有的像素值插值得到（x / 1.5，y / 1.5）的像素值就可以了。我们遍历一下目标图像中的每一个像素点位置，都能找到他们在原图像中的映射位置，并通过插值求出映射位置的像素值，这样就可以得到目标图像了，从而也就达到了放大的目的。

图像缩小的过程也是类似的。对于 360P 目标图像中的每一个像素点（x，y），我们只需要将它映射到 720P 原图像的（x * 2，y * 2）位置，通过原图像已有的像素值插值得到（x * 2，y * 2）的像素值就可以了。

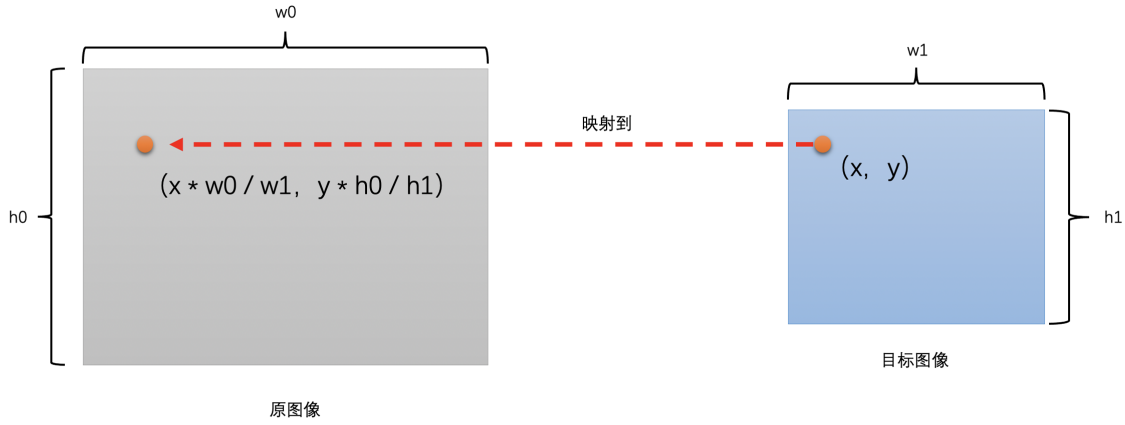
下面我们以更通用的表达式来表达一下缩放过程。

假设原图像的分辨率是 w0 x h0，我们需要缩放到 w1 x h1。那**我们只需要将目标图像中的像素位置（x，y）映射到原图像的（x * w0 / w1，y * h0 / h1），再插值得到这个像素值就可以了，这个插值得到的像素值就是目标图像像素点（x，y）的像素值**。注意，（x * w0 / w1，y * h0 / h1）绝大多数时候是小数。**这就是图像缩放算法原理的通用表达**。下面是图像放大和缩小的映射过程的示意图。



图像放大映射过程

极客时间



图像缩小映射过程

极客时间

三种插值算法

到这里我们已经讲完了图像缩放的基本原理，我们注意到，位置映射过程很简单，主要的工作就是如何通过插值算法得到原图像映射位置的像素值。同时，需要说明一下，图像缩放和插值在 RGB 和 YUV 颜色空间中都可以进行。因此，我们下面不会对颜色空间做区分。接下来，我们就依次介绍一下三种插值算法，看看它们的具体插值原理是怎样的，以及它们的效果又是怎样的。

最近邻插值

我们先来聊聊最简单的**最近邻插值算法**。顾名思义，最近邻插值就是：

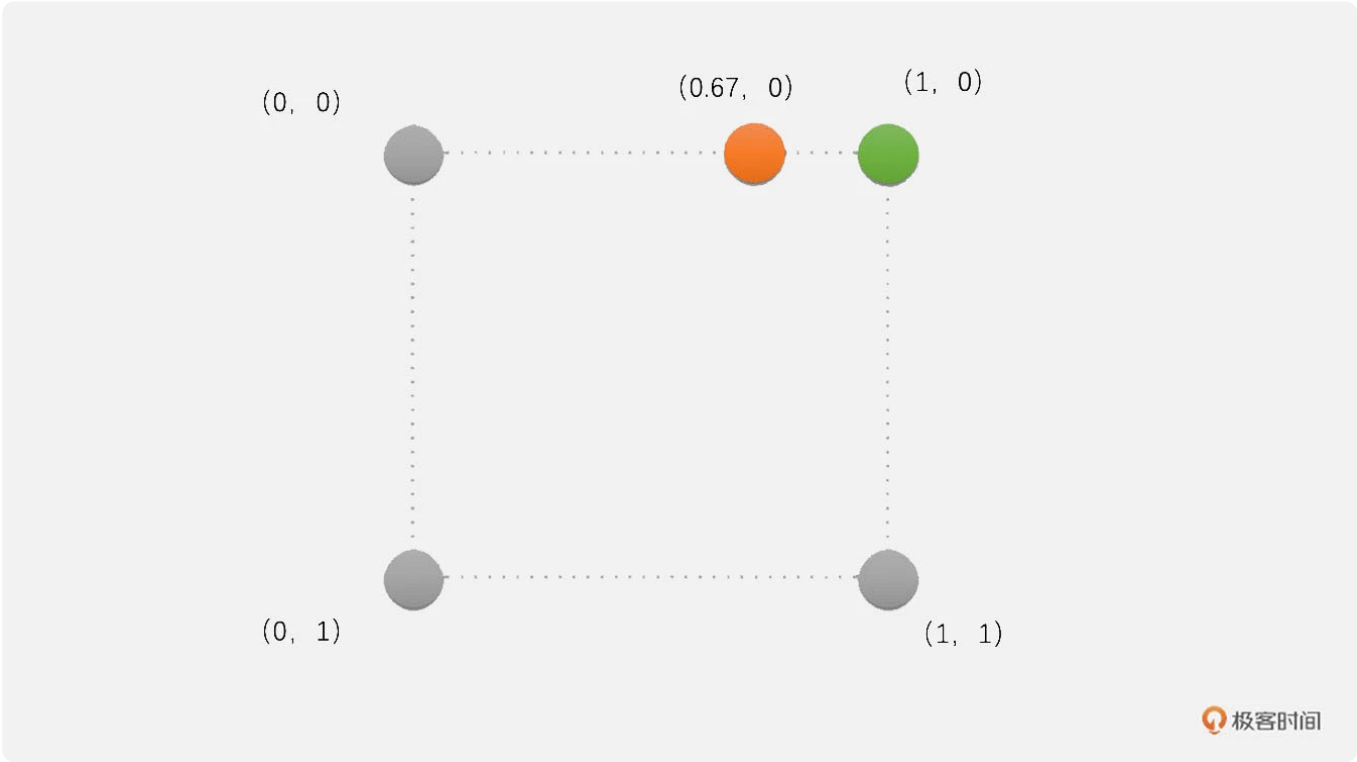
首先，将目标图像中的目标像素位置，映射到原图像的映射位置。

然后，找到原图像中映射位置周围的 4 个像素。

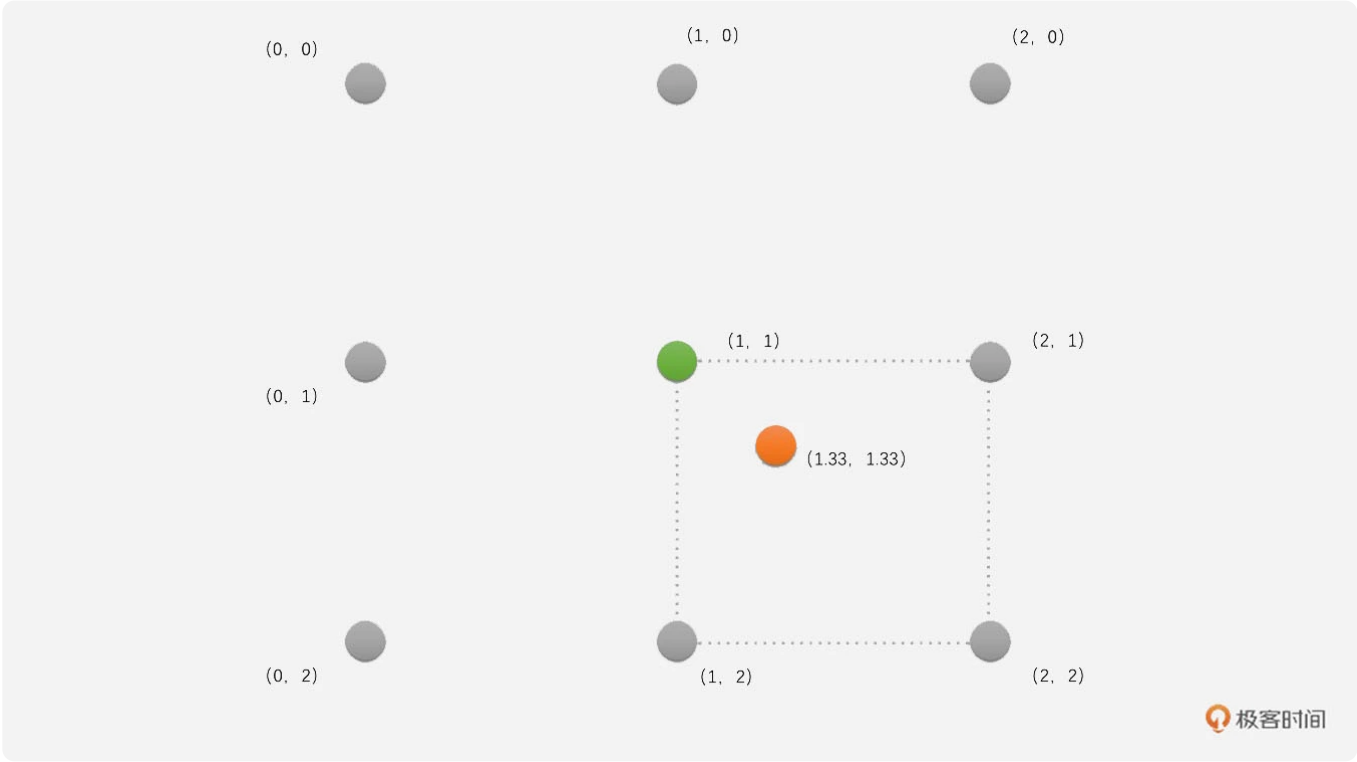
最后，取离映射位置最近的像素点的像素值作为目标像素。

比如说，我们现在要将图像从 720P 放大到 1080P。下面我们给出 1080P 目标图像中 3 个像素点（0，0）、（1，0）和（2，2）的最近邻插值过程。

1. 1080P 图像的（0，0）位置的像素，我们映射到 720P 图像的映射位置就是（0 * 1280 / 1920，0 * 720 / 1080），也就是（0，0）位置，那 1080P 的（0，0）位置的像素值直接取原图像（0，0）像素点的像素值就可以了。
2. 对于 1080P 图像的（1，0）位置的像素，我们映射到 720P 图像就是（1 * 1280 / 1920， 0 * 720 / 1080），也就是（0.67，0）位置的像素，这个像素需要插值得到。使用最近邻插值的话，（0.67，0）周围的 4 个像素分别是（0，0）、（1，0）、（0，1）和（1，1），其中距离（0.67，0）最近的位置很明显是（1，0）位置的像素。因此，我们将原图像中（1，0）位置的像素值赋值给目标图像（1，0）位置的像素点。



3. 对于 1080P 图像的（2，2）位置呢？同样映射到 720P 图像，映射位置是（2 * 1280 / 1920，2 * 720 / 1080），也就是（1.33，1.33）位置，其周围 4 个像素分别是（1，1）、（1，2）、（2，1）和（2，2），很明显（1，1）离（1.33，1.33）位置最近，那我们取原图像（1，1）的像素值赋值给 1080P 图像的（2，2）位置的像素点。



照着这个步骤一个个像素插值下去就可以得到 1080P 的图像了。是不是很简单？这个过程就是通过目标图像的像素位置，按照缩放比例映射到原图像，然后找到原图像中离映射位置最近的像素点，把它的像素值赋值给目标图像的像素就可以了。

最近邻插值有一个明显的**缺点**，就是**它直接使用离插值位置最近的整数位置的像素作为插值像素，这样会导致相邻两个插值像素有很大的概率是相同的。**比如说，上面例子中的（1，0）位置和（2，0）位置的像素值是一样的。这样**得到的放大图像大概率会出现块状效应，而缩小图像容易出现锯齿。**这是最近邻插值的缺点。但是它也有一个优点，就是**不需要太多的计算，速度非常的快。**

双线性插值

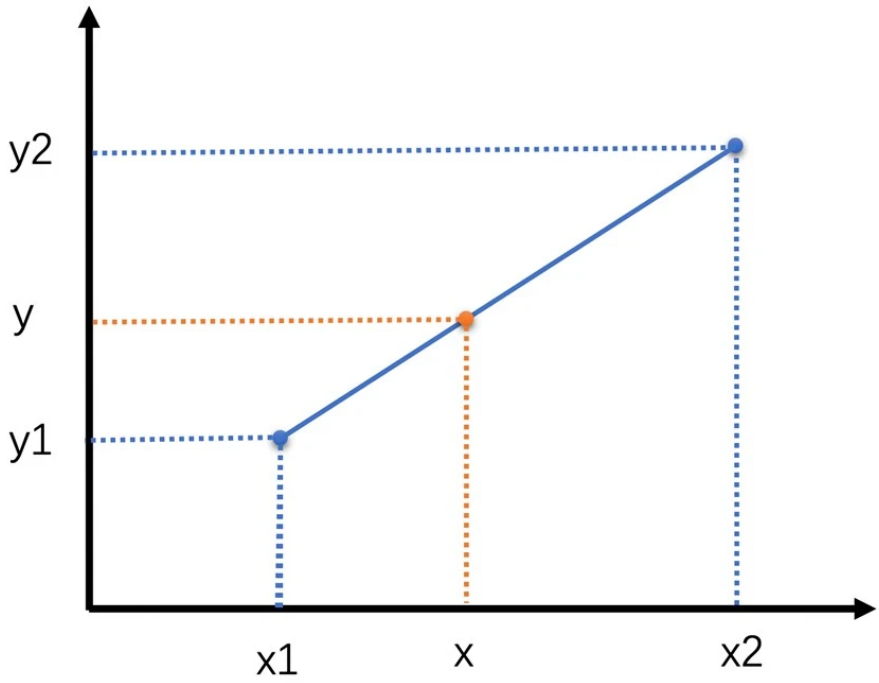
介绍完了最近邻插值算法，接下来我们将要介绍双线性插值算法。

双线性插值相比于最近邻插值稍微复杂一些，它也是取待插值像素周围的 4 个像素，不同的是，它需要**将这 4 个像素值通过一定的运算得到最后的插值像素。**在开始讲双线性插值

的原理之前，我们先来看看双线性插值的基础，也就是线性插值的原理。

线性插值是在两个点中间的某一个位置插值得到一个新的值。线性插值认为，这个需要插值得到的点跟这两个已知点都有一定的关系，并且，待插值点与离它近的那个点更相似。因此，**线性插值是一种以距离作为权重的插值方式，距离越近权重越大，距离越远权重越小。**

比如，如下图所示，已知（x1，y1）与（x2，y2）两个点，需求得 x 对应的 y 值。



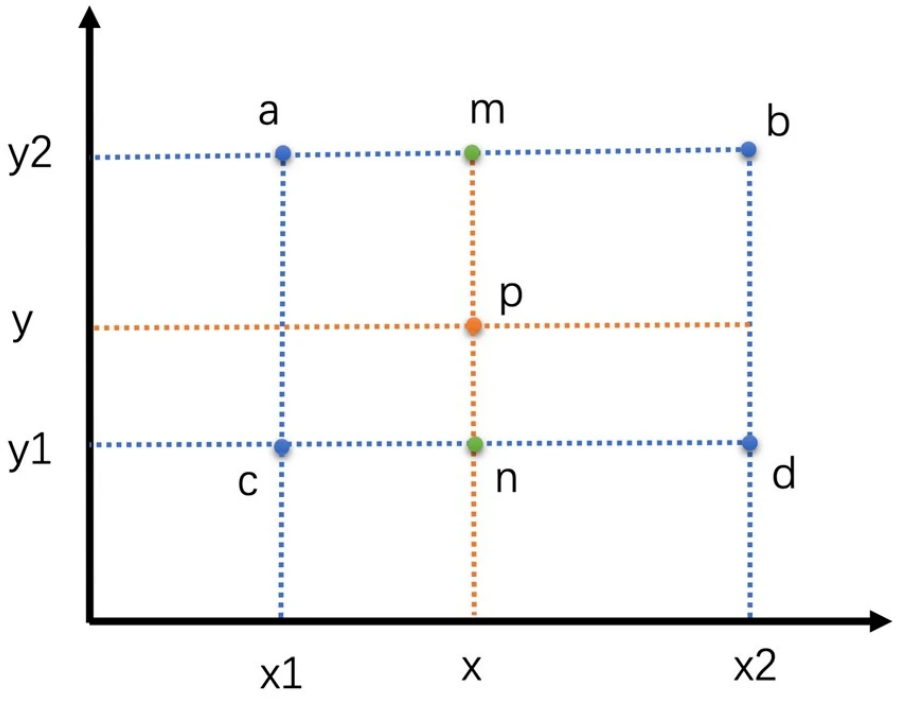
通过线性插值方法，y 值的计算公式如下：

$$y = \frac{x2 - x}{x2 - x1}y1 + \frac{x - x1}{x2 - x1}y2$$

极客时间

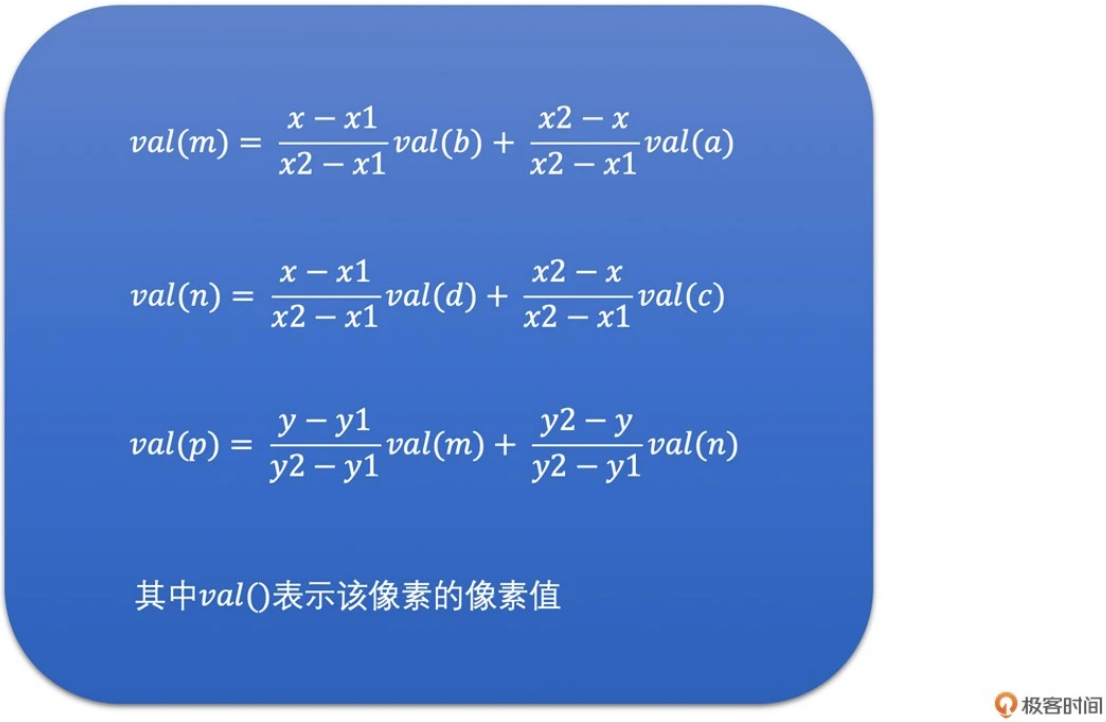
双线性插值本质上就是在两个方向上做线性插值。由于图像是两个方向的二维数据，正好适合使用双线性插值算法。下面我们来讲讲双线性插值的具体原理。

双线性插值其实就是三次线性插值的过程，我们先通过两次线性插值得到两个中间值，然后再通过对这两个中间值进行一次插值得到最终的结果。如下图所示：



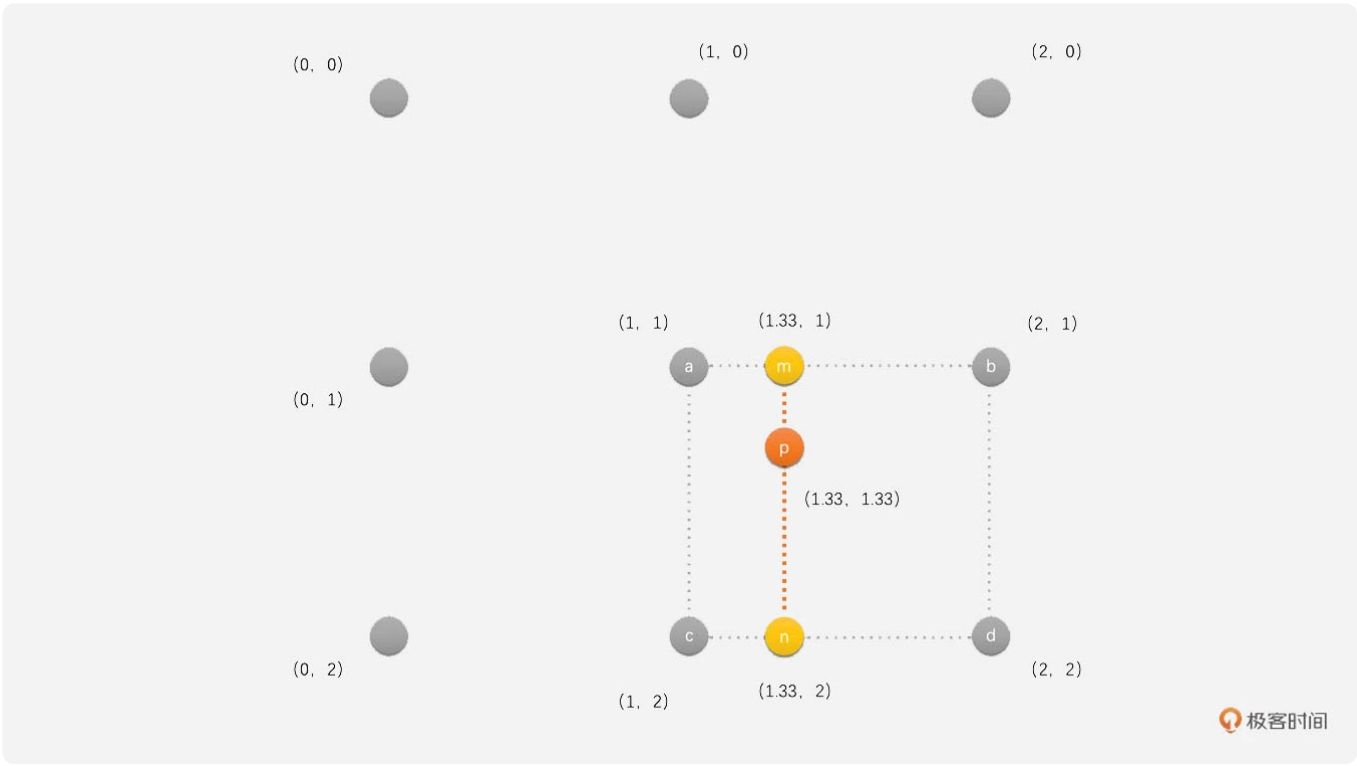
极客时间

假设我们要插值求的点是 p 点，其坐标为 (x，y)。已知周围 4 个像素分别是 a、b、c、d。我们先通过 a 和 b 水平线性插值求得 m，再通过 c、d 水平插值求得 n。有了 m 和 n 之后，再通过 m、n 垂直插值求得 p 点的像素值。计算过程如下：

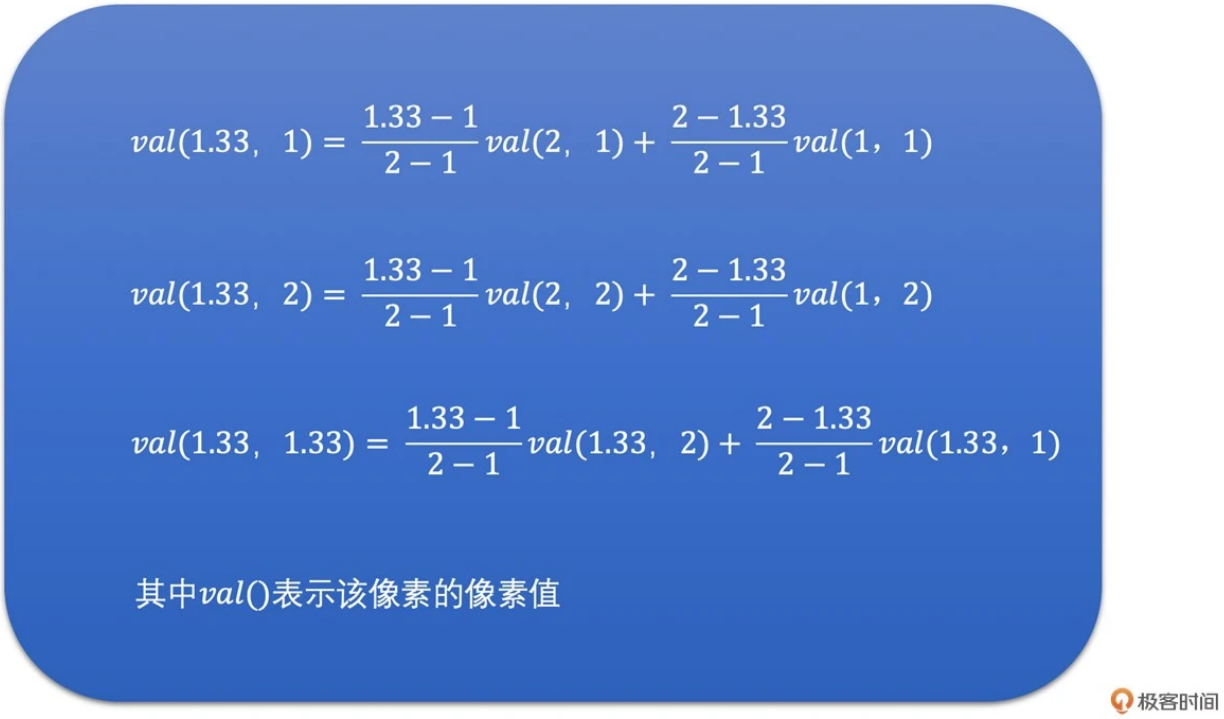


我们还是以 720P 放大到 1080P 为例，那么 1080P 图像中的目标像素点（2，2）的双线性插值过程是怎么样的呢？

首先，将目标像素点（2，2）映射到原图像的（1.33，1.33）位置，对应下面图中的点 p。找到（1.33，1.33）周围的 4 个像素（1，1）、（2，1）、（1，2）和（2，2），分别对应图中的点 a、b、c 和 d。



先通过这 4 个像素插值得到中间像素 m 和 n 的像素值。m 和 n 的坐标分别为（1.33，1）和（1.33，2）。通过上面的公式可以求得点 p（1.33，1.33）的像素值是：



插值求得（1.33，1.33）的值之后，将其赋值给 1080P 目标图像的（2，2）位置的像素点就可以了。这就是双线性插值的过程。

双线性插值相比最近邻插值运算要多一些，因此运行时间要长一些，但是相比而言，**插值之后图像效果会好于最近邻插值**。

双三次插值

下面我们接着来看一种效果相比双线性插值更好一些的插值算法，就是双三次插值算法，也叫 BiCubic 插值。

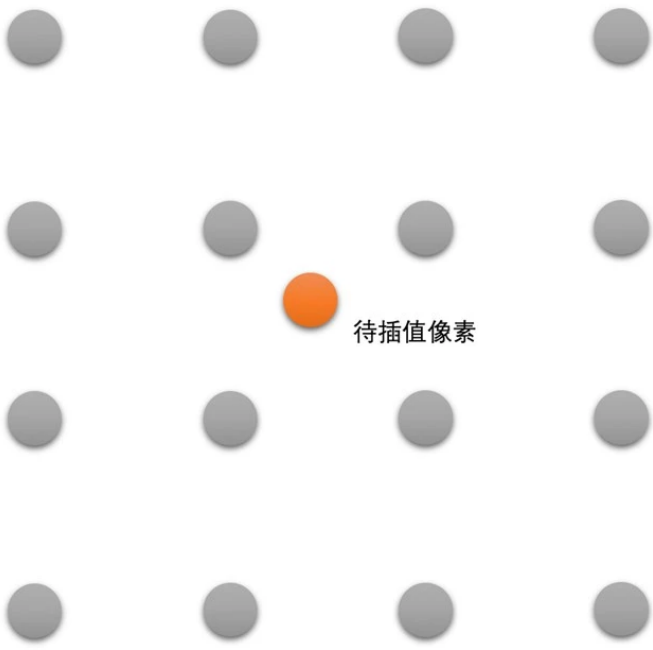
在最近邻插值算法中，我们选择待插值像素周围的 4 个像素，并取离待插值像素位置最近的像素点权重为 1，其余 3 个点权重为 0。在双线性插值算法中，同样选择待插值像素周围的 4 个像素，并且每个像素以距离作为权重，距离越近权重越大，距离越远权重越小。

双三次插值算法的基本原理同前两种插值算法差不多，不同的是：

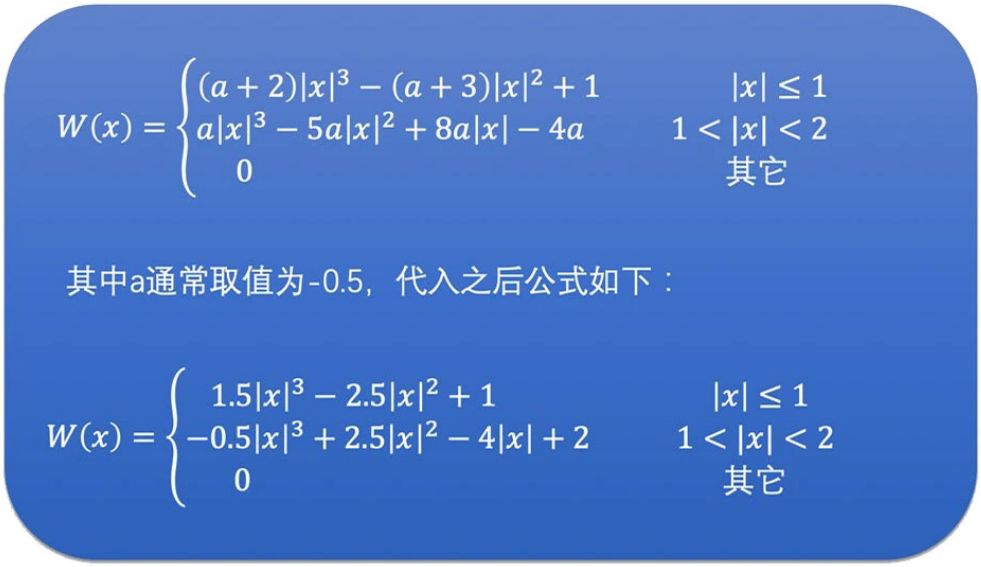
第一，**双三次插值选取的是周围的 16 个像素**，比前两种插值算法多了 3 倍。

第二，双三次插值算法的**周围像素的权重计算是使用一个特殊的 BiCubic 基函数来计算的**。

我们先通过这个 BiCubic 基函数计算得到待插值像素周围 16 个像素的权重，然后将 16 个像素加权平均就可以得到最终的待插值像素了。



BiCubic 基函数形式如下：



双三次插值的权重值是分水平和垂直两个方向分别求得的，计算公式是一样的，都是上面这个公式。对于周围 16 个点中的每一个点，其坐标值为（x，y），而目标图像中的目标像素在原图像中的映射坐标为 p（u，v）。那么通过上面公式可以求得其水平权重 W（u - x），垂直权重 W（v - y）。将 W（u - x）乘以 W（v - y）得到最终权重值，然后再用最终权重值乘以该点的像素值，并对 16 个点分别做同样的操作并求和，就得到待插值的像素值了。公式如下：

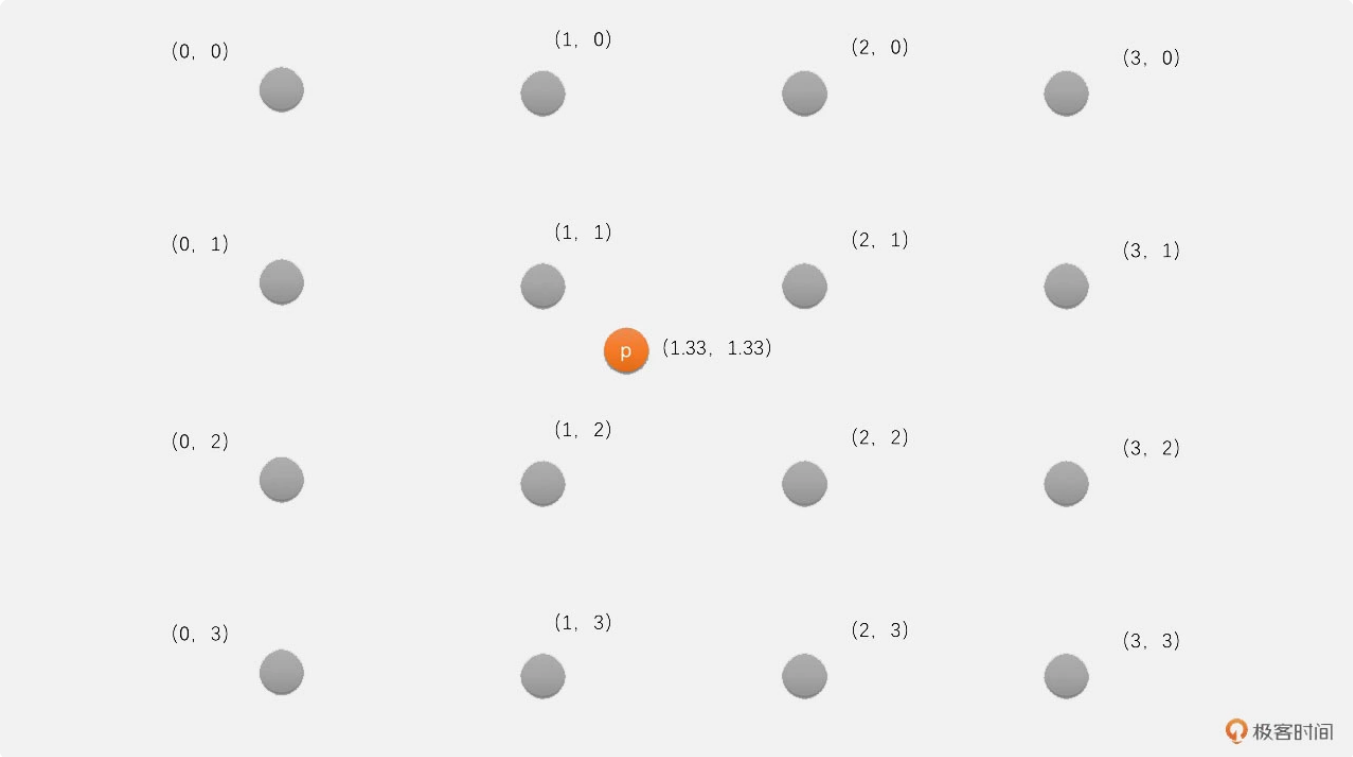
$$p(u,v)=\sum_{x=0}^{3}\sum_{y=0}^{3}W(u-x)*W(v-y)*p(x,y)$$

其中$p()$表示该像素的像素值

极客时间

我们还是以 720P 放大到 1080P 为例，那么 1080P 图像中的目标像素点（2，2）的双三次插值过程是怎么样的呢？

首先，将目标像素点（2，2）映射到原图像的（1.33，1.33）位置，对应下面图中的点 p。找到（1.33，1.33）周围的 16 个像素（0，0）、（1，0）一直到（3，3）。



然后，通过 BiCubic 函数求得每一个点的水平和垂直权重。例如，（0，0）、（1，2）和（3，3）点的水平权重和垂直权重计算方式如下：

求出这 16 个点的水平和垂直权重，两者相乘得到最终的权重值，之后每一个像素用自己的最终权重乘以自己的像素值再求和就是（1.33，1.33）的插值像素值了。将它赋值给 1080P 图像的（2，2）像素点就可以了。

我们可以看到，**双三次插值需要计算 16 个点的权重再乘以像素值求和，相较于前面的最近邻插值和双线性插值计算量较大，但插值后的图像效果最好。**

好了，我们通过下面几幅图像来对比一下这三种插值算法的效果。我们可以看到：最近邻插值得到的图像有很多块效应，效果最差；双线性插值稍好于最近邻插值一些，但是比较模糊；双三次插值效果最好，对比度也明显好于双线性插值。

原图

放大五倍（最近邻插值）

极客时间

放大五倍（双线性插值）

放大五倍（双三次插值）

极客时间

小结

好了，这节课到这里就要结束了。我们来回顾一下今天的学习内容。

我们主要讨论了图像的缩放算法。图像缩放主要包括两个部分：一个是像素位置映射过程；一个是映射位置像素的插值过程。

1. 像素位置映射过程

对于分辨率为 w0 x h0 的原图像，我们需要缩放到分辨率为 w1 x h1 的目标图像。我们只需要将目标图像的每一个像素点（x，y）映射到原图像的（x * w0 / w1，y * h0 / h1）位置。一般这个映射位置不是一个整数位置。我们需要通过插值算法得到映射位置的像素值，然后将映射位置插值得到的像素值赋值给目标像素就可以了。

2. 映射像素的插值过程

插值过程主要会使用到插值算法。我们今天介绍了最常用的三种插值算法，分别是最近邻插值、双线性插值和双三次插值算法。三种算法的思想和优缺点如下表所示。

插值算法	主要思想	优点	缺点
最近邻插值	取待插值像素周围的4个像素离的最近的像素值作为待插值像素值	速度快	效果差，容易产生锯齿
双线性插值	先通过周围4个像素水平线性插值得到中间像素，再通过中间像素垂直线性插值得到待插值像素值	效果比最近邻插值好	速度比最近邻插值慢
双三次插值	通过周围的16个像素点求得各个的水平和垂直权重，将水平和垂直权重相乘得到最终权重，将16个点根据自己权重加权求和得到待插值的像素值	效果三个中最好	速度最慢

极客时间

思考题

现在我有一个思考题留给你。

双三次插值需要周围 16 个像素，对于左上角的点，比如（0.5，0.5），它周围不够 16 个点怎么办呢？

欢迎你在留言区和我分享你的思考和疑惑，你也可以把今天所学分享给身边的朋友，邀请他加入探讨，共同进步。下节课再见。

分享给需要的人，Ta订阅后你可得 20 元现金奖励

生成海报并分享

赞 1 提建议

© 版权归极客邦科技所有，未经许可不得传播售卖。 页面已增加防盗追踪，如有侵权极客邦将依法追究其法律责任。

上一篇 02 | YUV & RGB：原来图像是这么丰富多彩的

下一篇 04 | 编码原理：视频究竟是怎么编码压缩的？

精选留言 (6)

写留言

一身龙骨
2021-11-26

个人觉得，不够像素点的，就用最近邻插值算法代替，简单快捷，而且图像上下边角的位置应该不是最重要的，清晰度不够也还能接受吧

展开

作者回复: 可以使用第一行、第一列的像素直接填充一下就可以了，这样先补齐周围像素，然后插值，实现起来每个像素点的插值使用同一种逻辑会方便一下。不需要特殊处理。

2

西钾钾
2021-11-26

补0或者是填充最边上的像素的值

展开

作者回复: 补0不可以，因为跟周围像素差太大了，用第一行和第一列的像素补就可以了。

共 2 条评论 >

1

qinsi
2021-12-04

gl里的叫法是clamp to edge

展开

ForwardsHao

2021-11-27

对于边缘和角落的点，以它为中心不够16个点的话：
1. 如果要补足16个点用双三次插值，可以将4*4的区块像够的方向上移动，比如计算(0.5, 0.5)的点，16个像素可以选择原图里的(0 0)(0 1)(0 2)(0 3).....(3 0)(3 1)(3 2)(3 3)来计算，因为计算公式考虑了权重，所以理论上其实原图里的任意16个点都可以拿来放到这个公式里计算本位置的像素值...

展开

作者回复: 一般将第一行和第一列复制填充一下。

DK

2021-11-26

左上角的点对应的左上角已经没有了像素点，但是右下的像素点还是正常取值，所以需要用负数来均衡右下角的值进行平均值计算

展开

作者回复: 一般会使用第一行和第一列扩充出去填充不够的像素。因为第一行第一列的像素跟左上角待插值的像素值比较接近。右下的像素点一般跟左上的像素点相差比较大了。不能拿来计算左上角的待插值像素。

Geek_7de4c5

2021-11-26

不够的情况，取周围存在点的均值。将其补上。

展开

作者回复: 将最上面一行，最左边一列的像素复制扩展出去就可以了